

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-186245

(43)Date of publication of application : 14.07.1998

(51)Int.Cl.

G02B 25/00  
G02B 27/02

(21)Application number : 08-343500

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 24.12.1996

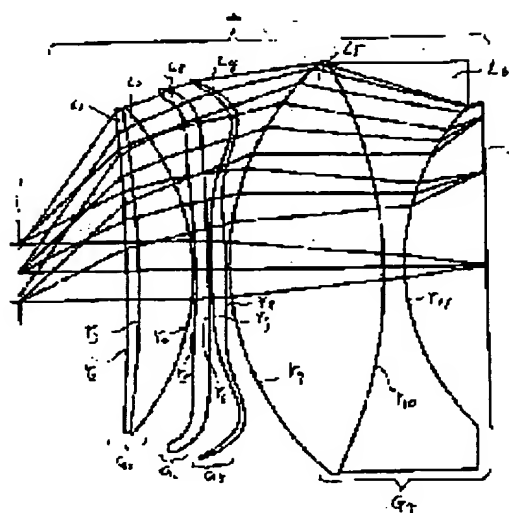
(72)Inventor : SHIKAMA SHINSUKE

## (54) EYEPIECE OPTICAL SYSTEM AND EYEPIECE VIDEO DISPLAY DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To present a large observation viewing angle being  $\geq 100^\circ$  by a single lens, to make the degree of the freedom of a pupil position large and to obtain an observation picture which is uniform and clear extending over a periphery by constituting an eyepiece optical system of a 1st to a 4th specified lens groups.

**SOLUTION:** The eyepiece optical system 2 is constituted so that the 1st to the 4th lens groups G1-G4 are arranged in turn from an entrance pupil 1 side. The 1st positive lens group G1 is constituted of a lens obtained by joining a meniscus lens L1 whose concave surface is turned to an eyeball side and a positive meniscus lens L2. The 2nd lens group G2 is constituted of a lens L3 whose both surfaces are aspherical and whose axial refracting power is negative. The 3rd lens group G3 is constituted of a lens L4 whose both surfaces are aspherical and whose axial refracting power is positive. The 4th positive lens group G4 is constituted of a lens obtained by joining a positive biconvex lens L5 and a negative biconcave lens L6. Then, a flat picture on a two-dimensional display element is enlarged and projected on the eyeball as a virtual image. Besides, it is preferable that the peripheral parts of both surfaces of the lenses L3 and L4 are curved so that the concave surfaces are turned to the eyeball side.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 04.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3387338

[Date of registration] 10.01.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-186245

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月14日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 25/00  
27/02

識別記号

F I

G 0 2 B 25/00  
27/02

A  
Z

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願平8-343500

(22) 出願日 平成8年(1996)12月24日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 鹿間 信介

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

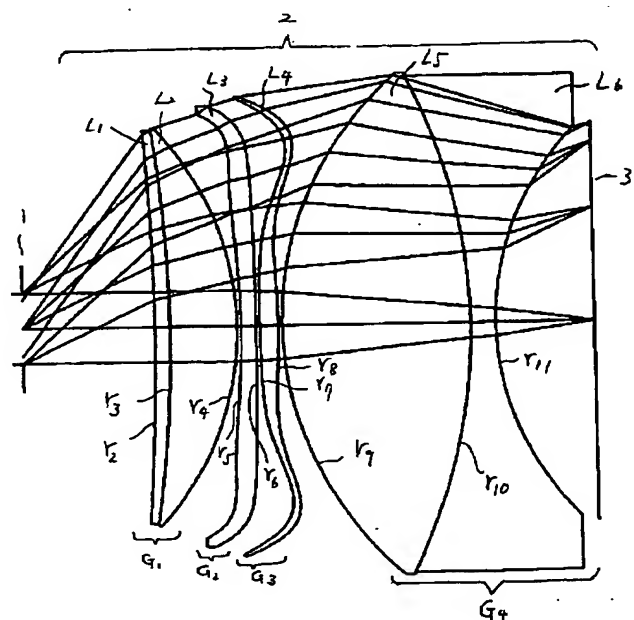
(74) 代理人 弁理士 宮田 金雄 (外2名)

(54) 【発明の名称】 接眼光学系、及び接眼映像表示装置

(57) 【要約】

【課題】 単眼で $100^\circ$ 以上の大きな観察画角と周辺まで均一で鮮明な画像表示が実現でき、適切な瞳径とアイリリーフを備えることで瞳位置の自由度が大きい接眼光学系と、この接眼光学系により拡大虚像を形成する接眼映像表示装置を提供する。

【解決手段】 2次元表示素子上の平面像を眼球に虚像として拡大投影する機能を有する光学系で、該光学系は眼球側から順に、眼球側に凹面を向けたメニスカスレンズL1と正メニスカスレンズL2との接合レンズより構成される正の第1レンズ群G1、軸上屈折力が負の両面非球面レンズL3より構成される第2レンズ群G2、軸上屈折力が正の両面非球面レンズL4より構成される第3レンズ群G3、両凸の正レンズL5と両凹の負レンズL6との接合レンズより成る正の第4レンズ群G4より構成される。また、接眼映像表示装置は上記接眼光学系を搭載する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 2 次元表示素子上の平面像を眼球に虚像として拡大投影する機能を有する光学系で、該光学系は眼球側から順に、眼球側に凹面を向けたメニスカスレンズ L 1 と正メニスカスレンズ L 2 との接合レンズより構成される正の第 1 レンズ群 G 1、軸上屈折力が負の両面非球面レンズ L 3 より構成される第 2 レンズ群 G 2、軸上屈折力が正の両面非球面レンズ L 4 より構成される第 3 レンズ群 G 3、両凸の正レンズ L 5 と両凹の負レンズ L 6 との接合レンズより成る正の第 4 レンズ群 G 4 より構成されることを特徴とする接眼光学系。

【請求項 2】 上記 G 2 群を構成する非球面レンズ L 3 は両面の周辺部が眼球側に凹面を向けるように湾曲した形状であることを特徴とする、請求項第 1 項記載の接眼光学系。

【請求項 3】 上記 G 3 群を構成する非球面レンズ L 4 は両面の周辺部が眼球側に凹面を向けるように湾曲した形状であることを特徴とする、請求項第 1 項記載の接眼光学系。

【請求項 4】 前記 G 1 群、G 2 群、G 3 群、G 4 群の軸上焦点距離を各々  $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$  とし、全系の焦点距離を  $f$  とした場合、

1.  $4 < f_1 / f < 2$ 、
3.  $8 < |f_2| / f < 5$ 、
2.  $3 < f_3 / f < 3$ 、
5.  $f_4 / f < 4.5$

なる条件を満足する請求項第 1 項記載の接眼光学系。

【請求項 5】 前記 G 1 群と G 2 群の合成軸上焦点距離を  $f_{12}$  とし、G 3 群と G 4 群の合成軸上焦点距離を  $f_{34}$  とした場合、

1.  $1 < f_{12} / f_{34} < 2$

なる条件を満足する請求項第 1 項記載の接眼光学系。

【請求項 6】 前記 G 1 群のレンズ L 1、L 2 を構成する硝材のアッペ数  $\nu_2$  及び  $\nu_3$  は各々、

- $\nu_2 < 30$
- $\nu_3 > 35$

を満足することを特徴とする請求項第 1 項記載の接眼光学系。

【請求項 7】 前記 G 2 群のレンズ L 3 を構成する硝材のアッペ数  $\nu_5$ 、G 3 群のレンズ L 4 を構成する硝材のアッペ数  $\nu_7$  が、

- $\nu_5 < 30$
- $\nu_7 > 40$

を満たすことを特徴とする請求項第 1 項記載の接眼光学系。

【請求項 8】 前記 G 4 群のレンズ L 5、L 6 を構成する硝材のアッペ数  $\nu_9$  及び  $\nu_{10}$  は各々、

- $\nu_9 > 35$
- $\nu_{10} < 25$

を満たすことを特徴とする請求項第 1 項記載の接眼光学系。

系。

【請求項 9】 原画像を表示する 1 個もしくは 2 個の 2 次元表示素子と、該 2 次元表示素子上の平面像の各々を眼球に虚像として拡大投影する 2 次元表示素子と同個数の接眼光学系とからなり、該接眼光学系は眼球側から順に、眼球側に凹面を向けたメニスカスレンズ L 1 と正メニスカスレンズ L 2 との接合レンズより構成される正の第 1 レンズ群 G 1、軸上屈折力が負の両面非球面レンズ L 3 より構成される第 2 レンズ群 G 2、軸上屈折力が正の両面非球面レンズ L 4 より構成される第 3 レンズ群 G 3、両凸の正レンズ L 5 と両凹の負レンズ L 6 との接合レンズより成る正の第 4 レンズ群 G 4 より構成されることを特徴とする接眼映像表示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、使用者の頭部もしくは顔面に保持することが可能な頭部又は顔面装着式視覚表示装置に適用可能な接眼光学系と、この接眼光学系を搭載した接眼映像表示装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、バーチャルリアリティ用、あるいは、個人的に大画面の映像を楽しむことを目的として、ヘルメット型、ゴーグル型の頭部又は顔面に保持する視覚表示装置が開発されている。例えば、液晶表示素子、EL 表示素子等の小型の表示素子上の像をレンズ等の接眼光学系で眼球に拡大投影するものがある。そのような接眼表示装置の光学系を図 16 に示す。図 16 において、2 次元表示素子を 3、2 次元表示素子 3 を空中に拡大投影する接眼レンズを 20、観察者 H の眼球を 10 とする。従来装置では、2 次元表示素子に形成された原画像の拡大虚像を接眼レンズ 20 により形成し、眼球 10 でこの拡大虚像を鑑賞するよう構成されていた。

【0003】接眼光学系の従来技術としては、顕微鏡、双眼鏡、望遠鏡、ファインダー等の接眼レンズがある（実公昭 40-9090 号公報、特開昭 50-151163 号公報、特開昭 51-120231 号公報、特開昭 52-72242 号公報、特開平 3-87709 号公報）。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】頭部もしくは顔面装着式視覚表示装置にとって、装置全体の大きさを小さくすることと、重量を軽量化することが、装着性を向上させる上で重要である。また、大きな画角を確保することが画面の臨場感を増す上で必要であり、臨場感は提示画角で決まってしまうと言っても過言でない。立体感、迫力感、没入感等の臨場感を観察者に与えるためには対角方向で 100 度以上の表示画角を実現することが望ましい。

【0005】また、接眼光学系のアイポイントにおける設計瞳孔径が小さいと、瞳の自由度が小さく、装置を密着

した状態が少しずれるだけで観察視野周辺に暗黒部が生じ、臨場感を損なうこととなり、好ましくない。つまり、接眼光学系のFナンバーを小さくすることが要求される。

【0006】しかし、接眼光学系の画角を大きくし、さらに、Fナンバーを小さくすると、光学系の周辺部を光線が通過するため、収差の発生が大きくなり、コンパクトな構成では収差の補正が困難となり、さらに像面湾曲の影響もあいまって周辺画像の解像度が低下することが問題となる。特に、像面湾曲については、レンズ枚数の少ないコンパクトな接眼レンズでは、光線高の高い箇所に正レンズ、低い箇所に負レンズを配置して、正負のパワー配分によってベッツバル和を小さくするような構成をとることができず、その補正が困難である。

【0007】本発明が提供する接眼光学系は、下記の条件を同時に満たすものである。

- (1) 対角 $100^\circ$ 以上の大きな画角
- (2) 小さいFナンバー(大きな瞳径)
- (3) 適切なアイリリーフ(観察者の目～接眼レンズ第1面間の距離)
- (4) 良好な収差補正

一方、上記した従来の接眼レンズは、 $50^\circ \sim 70^\circ$ 程度の比較的大きな画角を確保してはいるものの、バーチャリリアリティ用途等において十分な臨場感と実使用上の容易性を実現する上で不可欠の上記条件を同時に満たしているとはいえない。従って、上記従来例の接眼レンズを接眼映像表示装置に搭載しても、大きな観察画角と大きな瞳位置の自由度と周辺まで平坦性の良い鮮明な画像とを同時に提供することはできない。

【0008】本発明はこのような問題点を解決するためになされたものであり、その目的は、単眼で $100^\circ$ 以上の大きな観察画角を提示でき、適切な瞳径とアイリリーフを備えることで瞳位置の自由度が大きく、かつ、周辺まで均一で鮮明な観察画像を提示できるよう収差補正された接眼光学系を提供するものである。

【0009】また、本発明の第2の目的は上記接眼光学系を接眼レンズとして搭載した広画角で臨場感に優れ、かつ鮮明な映像表示が可能な小型・軽量の接眼映像表示装置を提供するものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために、本発明の接眼光学系は4群構成のレンズ系より成り、眼球側から順に、眼球側に凹面を向けたメニスカスレンズL1と正メニスカスレンズL2との接合レンズより構成される正の第1レンズ群G1、軸上屈折力が負の両面非球面レンズL3より構成される第2レンズ群G2、軸上屈折力が正の両面非球面レンズL4より構成される第3レンズ群G3、両凸の正レンズL5と両凹の負レンズL6との接合レンズより成る正の第4レンズ群G4より構成され、2次元表示素子上の平面像を眼球に虚

像として拡大投影するものである。

【0011】また、上記G2群を構成する非球面レンズL3は両面の周辺部が眼球側に凹面を向けるように湾曲した形状より成る。

【0012】また、上記G3群を構成する非球面レンズL4は、両面の周辺部が眼球側に凹面を向けるように湾曲した形状より成る。

【0013】また、上記G1群、G2群、G3群、G4群の軸上焦点距離を各々 $f_1$ 、 $f_2$ 、 $f_3$ 、 $f_4$ とし、全系の焦点距離を $f$ とした場合、

$$\begin{aligned} 1. & \quad 4 < f_1/f < 2.1 \\ 3. & \quad 8 < |f_2|/f < 5.4 \\ 2. & \quad 3 < f_3/f < 3.7 \\ 5 & < f_4/f < 4.50 \end{aligned}$$

なる条件を満足する。

【0014】また、上記G1群とG2群の合成軸上焦点距離を $f_{12}$ とし、G3群とG4群の合成軸上焦点距離を $f_{34}$ とした場合、

$$1. \quad 1 < f_{12}/f_{34} < 2.2$$

なる条件を満足する。

【0015】また、上記G1群のレンズL1、L2を構成する硝材のアッベ数 $\nu_2$ 及び $\nu_3$ は各々、

$$\begin{aligned} \nu_2 & < 30 \\ \nu_3 & > 35 \end{aligned}$$

を満足する。

【0016】また、上記G2群のレンズL3を構成する硝材のアッベ数 $\nu_5$ 、G3群のレンズL4を構成する硝材のアッベ数 $\nu_7$ は各々、

$$\begin{aligned} \nu_5 & < 30 \\ \nu_7 & > 40 \end{aligned}$$

を満足する。

【0017】また、上記G4群のレンズL5、L6を構成する硝材のアッベ数 $\nu_9$ 及び $\nu_{10}$ は各々、

$$\begin{aligned} \nu_9 & > 35 \\ \nu_{10} & < 25 \end{aligned}$$

を満足する。

【0018】また、本発明の接眼映像表示装置は、原画像を表示する1個もしくは2個の2次元表示素子と、該2次元表示素子上の平面像の各々を眼球に虚像として拡大投影する2次元表示素子と同個数の接眼光学系とからなり、該接眼光学系は眼球側から順に、眼球側に凹面を向けたメニスカスレンズL1と正メニスカスレンズL2との接合レンズより構成される正の第1レンズ群G1、軸上屈折力が負の両面非球面レンズL3より構成される第2レンズ群G2、軸上屈折力が正の両面非球面レンズL4より構成される第3レンズ群G3、両凸の正レンズL5と両凹の負レンズL6との接合レンズより成る正の第4レンズ群G4より構成されるものである。

【0019】

【発明の実施の形態】以下図面を参照して、本発明の接

眼映像表示装置に用いられる接眼光学系の実施の形態1～7につき説明する。図1～図7は各々実施の形態1～7の接眼光学系の断面図を示す。なお、図1～図7は、各々後に記載する数値実施例1～7に対応する光学系断面図である。

【0020】各々実施の形態1～7の各断面図の構成は図面上では殆ど同様に見えるので、代表例として実施の形態1を示す図1につき以下説明する。

実施の形態1（第1の発明）。図1において1は観察者眼の瞳孔にあたる接眼光学系の入射瞳位置、2は本発明による接眼光学系、3は原画像を表示するLCD (Liquid Crystal Display)、ELD (Electroluminescent Display)、FED (Field Emission Display)、CRT (Cathode Ray Tube) 等の小型2次元表示素子の画像表示面である。

【0021】接眼光学系2は、入射瞳1側から順に、第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4の順に配置されている。

【0022】G1は、入射瞳側1に凹面を向けたメニスカスレンズL1と、正メニスカスレンズL2とから構成された接合レンズで正の屈折力を有する。L1は高分散硝材、L2は低分散硝材が使用されている。L1のアップベ数 $\nu_2$ 、L2のアップベ数 $\nu_3$ は好ましくは以下の不等式(1)、(2)を同時に満たすことで色収差が良好に補正される。

$$\nu_2 < 30 \quad (1)$$

$$\nu_3 > 35 \quad (2)$$

【0023】G2は中心近傍が負のパワーを有する両面非球面レンズL3より構成されている。L3は周辺部が両面共入射瞳1側に凹面を向けるように大きく湾曲する構成であり、大きな傾斜を有する周辺光線に対する入射角を小さく保っている。このために、後に数値実施例1～7の表中に示すように、第5面、第6面の10次の非球面係数A10を共に負の値とし、

$$A10 < -1 \times 10^{-2} \quad (3)$$

としている

【0024】G3は、中心近傍が強い正のパワーを有す

$$1.1 < f12 / f34 < 2.2 \quad (13)$$

なる条件を同時に満足している。(13)式の下限を超えると、G4群の最終面から画像表示面3までの距離（バックフォーカル長）が十分とれなくなる。また(13)式の上限を超えると画像表示面までの距離はとれるが、G3群及びG4群で発生するレンズ外周部近傍を通る軸外光の収差補正が困難になる。

【0029】以下、実施の形態1～7に対応する数値実施例を示す。各数値実施例の断面図は各々図1～7に対応する。又、表の記号の意味は以下の通りである。

【0030】

EPD：入射瞳径（開口絞りASTの開口径と等しい）

F#：Fナンバ（無限共役時）

る両面非球面レンズL4により構成されている。L4は周辺部が両面共入射瞳1側に凹面を向けるように大きく湾曲する構成であり、大きな傾斜を有する周辺光線に対する入射角を小さく保っている。このために、後に数値実施例1～7の表中に示すように、第7面、第8面の8次の非球面係数A8を共に負の値とし、

$$A8 < -1 \times 10^{-9} \quad (4)$$

としている

【0025】上記L3とL4では、L3が高分散硝材、L4が低分散硝材により構成されている。L3のアップベ数 $\nu_5$ 、L4のアップベ数 $\nu_7$ は好ましくは以下の不等式(5)、(6)を同時に満たすことで色収差が良好に補正される。

$$\nu_5 < 30 \quad (5)$$

$$\nu_7 > 40 \quad (6)$$

【0026】G4は、両凸の正レンズL5と、両凹の負レンズL6とから構成され、レンズL5とL6は接合されている。L6は、L5に比べて高屈折率、高分散硝材が使用されている。L5のアップベ数 $\nu_9$ 、L6のアップベ数 $\nu_{10}$ は好ましくは以下の不等式(7)、(8)を同時に満たすことで色収差が良好に補正される。

$$\nu_9 > 35 \quad (7)$$

$$\nu_{10} < 25 \quad (8)$$

【0027】前記G1群、G2群、G3群、G4群の軸上焦点距離を各々f1、f2、f3、f4とし、全系の焦点距離をfとした場合、

$$1.4 < f1 / f < 2.1 \quad (9)$$

$$3.8 < |f2| / f < 5.4 \quad (10)$$

$$2.3 < f3 / f < 3.7 \quad (11)$$

$$5 < f4 / f < 450 \quad (12)$$

なる条件を同時に満足している。上記条件式(9)～

(12)は本発明の接眼光学系の近軸的なパワー配分を規定するものである。

【0028】また、G1群とG2群の合成軸上焦点距離をf12とし、G3群とG4群の合成軸上焦点距離をf34とした場合、

f：全系の焦点距離（mm）

$\omega$ ：入射瞳側半画角（無限共役時）

m：入射瞳から数えた面番号

$r_i$ ：入射瞳から数えて第i面の曲率半径（mm）

$d_i$ ：入射瞳から数えて第i面から第i+1面に至る距離（厚さ、空気間隔；（mm））

$n_i$ ：入射瞳から数えて第i面直後の媒質の波長587.6nm（d線）における屈折率

$\nu_i$ ：入射瞳面側から数えて第i面直後の媒質のアップベ数

AST：開口絞り面（入射瞳面と等価）

ASP：非球面

上記各種焦点距離、Fナンバ、半画角は波長546nmの形状は式(14)、(15)で定義される。  
 における値である。また、上記ASPで示された非球面

$$Z = (h^2/r) / \{1 + [1 - (1+K) \cdot (h/r)^2]^{1/2}\} + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} \quad \dots (14)$$

$$h^2 = X^2 + Y^2 \quad \dots (15)$$

但し、rは中心曲率半径、Kは円錐定数、A4、A6、A8、A10は各々4次、6次、8次、10次の非球面係数、hは光軸Zからの高さである。又、非球面の中心は座標系(X, Y, Z)の原点に位置し、光軸はZ方向に

合わせられているものとする。

【0031】

【表1】

〈数値実施例1〉

EPD = 6 mm

F/# = 3.39

f = 20.34 mm

ω = 55.3 deg

m	ri	di	ni	vi	
1	Infinity	10.39113			AST
2	-208.7158	1.199669	1.84666	23.80	
3	-118.2313	5.233134	1.88300	40.80	
4	-26.51666	0.2989844			
5	-75.38358	1.16401	1.92286	20.88	ASP
6	-942.2735	0.2999439			ASP
7	355.1000	1.400586	1.81550	44.54	ASP
8	-51.31939	0.2978106			ASP
9	29.42538	14.87237	1.88067	41.01	
10	-49.11078	2.006771	1.95250	20.36	
11	24.54793				

〈Aspherical Coefficient〉

m	K	A4	A6	A8	A10
5	3.441909	-3.180804e-06	1.751093e-07	-7.028220e-12	-1.691404e-12
6	-111184.3	-1.827690e-05	5.589404e-08	2.608762e-10	-1.370104e-12
7	290.0141	7.884213e-05	1.215767e-07	-1.897368e-09	2.423454e-12
8	-1.460662	1.203769e-04	3.057535e-08	-1.494202e-09	1.690200e-12

【0032】

【表2】

## 〈数值实施例 2〉

EPD = 6 mm

F/# = 3.43

f = 20.56 mm

 $\omega = 55.3^\circ$ 

n	ri	di	ni	vi	
1	Infinity	9.979119			AST
2	-152.34	1.186106	1.80518	25.40	
3	-169.6303	5.560299	1.88300	40.80	
4	-25.68688	0.2991265			
5	-69.80249	1.216904	1.84666	23.78	ASP
6	-924.489	0.299825			ASP
7	384.7175	1.199294	1.78831	47.47	ASP
8	-54.64118	0.2981032			ASP
9	28.77296	15.89697	1.88300	40.80	
10	-44.5963	1.253455	1.95250	20.36	
11	25.10315				

## 〈Aspherical Coefficient〉

n	K	A4	A6	A8	A10
5	2.348008	-2.909788e-06	1.792951e-07	-6.443225e-12	-1.759522e-12
6	-103403	-1.853932e-05	5.253922e-08	2.677245e-10	-1.376774e-12
7	270.7032	8.009155e-05	1.285392e-07	-1.897323e-09	2.457604e-12
8	-0.9728348	1.226507e-04	2.409810e-08	-1.445618e-09	1.652577e-12

【0033】

【表 3】



## 〈数值实施例3〉

EPD = 6 mm

F/# = 3.60

f = 21.62 mm

 $\omega = 55.3 \text{ deg}$ 

n	ri	di	ni	vi	
1	Infinity	10			AST
2	-83.3874	1.178085	1.80518	25.46	
3	-101.5613	4.911443	1.83481	42.70	
4	-24.50339	0.1973921			
5	-71.52993	1.415256	1.80518	25.46	ASP
6	-1072.932	0.1991061			ASP
7	576.4792	1.495441	1.80400	46.60	ASP
8	-51.74215	0.1961301			ASP
9	30.16041	16.39692	1.88067	41.01	
10	-45.23118	1.446452	1.92286	20.88	
11	28.08398				

## 〈Aspherical Coefficient〉

n	K	A4	A6	A8	A10
5	-13.34598	-4.708608e-06	1.306524e-07	6.222581e-11	-1.615528e-12
6	-414339.1	-2.340399e-05	6.35461e-08	2.807194e-10	-1.46533e-12
7	548.5979	4.669699e-05	1.637019e-07	-2.126294e-09	3.262974e-12
8	-3.475104	8.52946e-05	4.682498e-08	-1.650631e-09	2.453772e-12

【0034】

【表4】

## 〈数値実施例4〉

EPD=6mm

F/#=3.58

f=21.19mm

 $\omega=55.3\text{deg}$ 

m	ri	di	ni	vi	
1	Infinity	10			AST
2	-66.38709	1.181056	1.84666	23.78	
3	-87.12748	4.872591	1.88067	41.01	
4	-23.58734	0.1997949			
5	-81.32221	1.2532	1.84666	23.83	ASP
6	-1028.751	0.1964757			ASP
7	499.0782	1.28165	1.81600	46.57	ASP
8	-62.94417	0.1969382			ASP
9	28.96059	16.88361	1.88300	40.80	
10	-44.28579	1.260425	1.92286	20.88	
11	27.88903				

## 〈Aspherical Coefficient〉

m	K	A4	A6	A8	A10
5	-23.67701	-4.2937e-06	1.188588e-07	6.350464e-11	-1.612995e-12
6	-348761.3	-2.130919e-05	6.640323e-08	2.901398e-10	-1.584292e-12
7	612.7471	5.684473e-05	1.589315e-07	-1.886907e-09	2.727891e-12
8	-3.123111	9.579332e-05	5.536085e-08	-1.591694e-09	2.295459e-12

【0035】

【表5】

## 〈数值实施例 5〉

EPD = 6 mm

F/# = 3.54

f = 21.22 mm

 $\omega = 55.3 \text{ deg}$ 

n	ri	di	ni	vi	
1	Infinity	10			AST
2	-74.88661	1.182315	1.80518	25.39	
3	-77.47562	4.438144	1.88067	41.01	
4	-24.25599	0.1969599			
5	-71.73665	1.340749	1.80810	22.80	ASP
6	-911.716	0.198743			ASP
7	494.8345	1.242744	1.81550	44.54	ASP
8	-61.62204	0.1995371			ASP
9	28.47602	17.35285	1.88067	41.01	
10	-41.16908	1.199999	1.95250	20.36	
11	28.71935				

## 〈Aspherical Coefficient〉

n	K	A4	A6	A8	A10
5	-24.30437	-3.937811e-06	1.396362e-07	6.271357e-11	-1.703654e-12
6	-247994.8	-2.10953e-05	7.343356e-08	2.774891e-10	-1.528556e-12
7	584.9283	6.549401e-05	1.442423e-07	-1.756133e-09	2.392617e-12
8	-2.859731	1.057710e-04	4.927167e-08	-1.481149e-09	1.950970e-12

【0036】

【表 6】

## 〈数値実施例6〉

EPD = 6 mm

F/# = 3.49

f = 20.95 mm

 $\omega = 55.3 \text{ deg}$ 

n	ri	di	ni	vi	
1	Infinity	10			AST
2	-69.27763	1.188851	1.92286	20.88	
3	-59.59411	3.955724	1.88067	41.01	
4	-23.60138	0.1981361			
5	-73.12881	1.280791	1.84666	23.78	ASP
6	-691.7899	0.1960733			ASP
7	480.5761	1.194867	1.81550	44.54	ASP
8	-60.30821	0.1996047			ASP
9	28.40611	17.35652	1.88300	40.80	
10	-39.59935	1.199856	1.95250	20.36	
11	27.94164				

## 〈Aspherical Coefficient〉

n	K	A4	A6	A8	A10
5	-22.94933	-3.181612e-06	1.436829e-07	6.760054e-11	-1.757522e-12
6	-86199.07	-2.050519e-05	7.390002e-08	2.790334e-10	-1.571828e-12
7	560.7989	6.699492e-05	1.447558e-07	-1.76436e-09	2.430195e-12
8	-2.934674	1.079733e-04	4.937931e-08	-1.469864e-09	1.946469e-12

【0037】

【表7】

## 〈数値実施例 7〉

EPD = 6 mm

F/# = 3.41

f = 20.45 mm

 $\omega = 55.3 \text{ deg}$ 

m	ri	di	ni	νi	
1	Infinity	10			AST
2	-64.76193	1.186534	1.805180	25.46	
3	-61.66312	4.364967	1.880670	41.01	
4	-22.71209	0.199997			
5	-72.45874	1.293703	1.846660	23.78	ASP
6	-562.8489	0.1978953			ASP
7	555.9298	1.204427	1.794997	45.30	ASP
8	-53.52755	0.1983603			ASP
9	29.13636	17.24395	1.880670	41.01	
10	-38.49217	1.343959	1.922860	20.88	
11	25.87751				

## 〈Ashpherical Coefficient〉

m	K	A4	A6	A8	A10
5	-24.80971	-2.444776e-06	1.534418e-07	7.618636e-11	-1.644966e-12
6	-58806.52	-1.845493e-05	7.318167e-08	2.750231e-10	-1.449131e-12
7	395.4237	6.617951e-05	1.346359e-07	-1.791717e-09	2.553931e-12
8	-2.440146	1.049226e-04	4.778825e-08	-1.434276e-09	1.904723e-12

【0038】次に各数値実施例に関する、レンズ系各部の焦点距離と、焦点距離の比を下表にまとめて示す。但し、表の記号の意味は以下の通りである。

f : 全系の焦点距離 (mm)

f1 : G1群の焦点距離 (mm)

f2 : G2群の軸上焦点距離 (mm)

f3 : G3群の軸上焦点距離 (mm)

f4 : G4群の焦点距離 (mm)

f12 : G1群とG2群の合成軸上焦点距離 (mm)

f34 : G2群とG3群の合成軸上焦点距離 (mm)

上記の各種焦点距離は波長 546 nm における値である。

【0039】

【表 8】

例	f	f1	f2	f3	f4	f12	f34	f1/f	f2 /f	f3/f	f4/f	f12/f34
1	20.3	33.8	-87.9	54.8	8084	55.1	40	1.66	4.32	2.69	397.4	1.38
2	20.6	33.9	-88.4	60.5	517	55.4	40.9	1.65	4.30	2.94	25.1	1.36
3	21.6	39.4	-94.4	58.8	220	69.1	37	1.82	4.36	2.72	10.2	1.87
4	21.2	38.6	-103.4	68.2	159	63.1	38.8	1.82	4.88	3.22	7.5	1.62
5	21.2	38.5	-95.4	66.9	156	65.9	37.7	1.81	4.50	3.15	7.3	1.75
6	21.0	38.2	-95.7	65.4	168	65.0	37.5	1.82	4.57	3.12	8.0	1.73
7	20.5	37.3	-97.4	61.2	237	61.9	37.7	1.82	4.76	2.99	11.6	1.64

【0040】図 8～14 に上記数値実施例 1～7 に対応する横収差図を示す。EY はメリジオナル断面内、EX はサジッタル断面内の収差を示す。WL1, WL2, WL3 は各々波長 470 nm, 546 nm, 610 nm に対応する曲線であり、4 種類の入射画角（無限遠入射）に

対して小さな共役側（画像表示素子 3）の面上の横収差をプロットした。図 8～14 より、本願の数値実施例はいずれも良好に横収差、色収差補正されており、対角 110° 以上の広画角で高解像な拡大虚像の形成が可能であることがわかる。

【0041】実施の形態8（第2の発明）．つぎに、上記実施の形態1～7で述べた接眼光学系を実装した接眼映像表示装置の構成につき図15により説明する。図15において、3は2次元表示素子、2は実施例1～7にて説明した第1の発明による接眼光学系、20は接眼光学系2を実装した接眼光学装置、10は観察者Hの眼球、50は左右の表示ユニット30L、30Rを観察者Hの頭部に固定するためのベルト機構である。2次元表示素子は従来例を示す図16と同様にLCD、ELD、FED、CRT等の小型表示素子が用いられる。これらのうちLCDを用いる場合、LCDは自発光でない表示素子ゆえ、例えば蛍光灯、LED、EL等からなる光源（図示省略）が表示素子3に組み込まれている。また、ELD、FED、CRT等の自発光表示素子を2次元表示素子に用いる場合には、このような光源の組み込みは不要である。

【0042】2次元表示素子3の画像形成面に形成された原画像は、接眼光学系2により拡大虚像に変換され、眼球10でこの拡大虚像を鑑賞する。図15の接眼表示装置は第1の発明の接眼光学系2を実装しているので、100°以上の大きな観察画角を提示でき、適切な瞳径とアイリリーフを備えることで瞳位置の自由度が大きく、かつ、周辺まで均一で鮮明な観察画像を提示できる。この結果、広画角で臨場感に優れ、かつ鮮明な映像表示が可能である。

【0043】左右各々の目に呈示される画像を100%重ねあわせても第1の発明による接眼光学系の画角は全角で100°以上と十分大きい。しかし公知のように水平方向外側に左右の提示画像をずらして表示することで、水平画角を拡大することができる。このために、  
 (1) 画像表示素子3の中心を接眼光学系2の光軸に対して水平方向にシフトさせ虚像を水平方向に移動させる、  
 (2) 接眼光学装置20と2次元表示素子3を組み合わせた表示ユニット（30L、30R）全体を各々水平面で傾斜させ虚像形成位置を見かけ上移動させる、等の方法で左右の目に対応する形成画像を左右方向外側にシフトするのが望ましい。左右の拡大表示画像を100%重ね合せた状態で双方の2次元表示素子に同一の画像を表示しても十分表示画像の画角が大きいので臨場感のよい結果が得られる。さらに、左右の拡大画像を100%重ね合せた場合、及び水平方向外側にシフトして重ね合せた場合のいずれにおいても、左右の2次元表示素子に両眼視差画像を表示すれば、立体視の効果によりさらに臨場感が高まる。

【0044】なお、接眼光学装置20と2次元表示素子3は、実際の装置では一体に組み込まれ、さらに装置全体を観察者Hの頭部に固定するベルト機構50が設けられている。しかし表示ユニット30L、30Rを共通の筐体に収めた覗き込み型の接眼表示装置を構成する場合、必ずしもベルト機構50は必要でない。また、接眼光学装置20と2次元表示素子3の光軸方向間隔、及び

表示ユニット30L、30R間の間隔は、観察者Hの目の特性及び瞳孔間隔に応じて適宜調整されることで観察者毎に最適の表示特性が提供できる。さらに、図15では接眼光学装置20と2次元表示素子3を2組設け両眼で鑑賞する接眼映像表示装置を示したが、接眼光学装置20と2次元表示素子3を1組設けた構成により単眼で鑑賞する装置にも変形可能である。

【0045】

【発明の効果】この発明は、以上説明したように構成されているので、以下に示すような効果を奏する。第1の発明によって提供する接眼光学系は、下記の条件を同時に満たすものである。

- (1) 対角100°以上の大きな画角
- (2) 小さいFナンバー（大きな瞳径）
- (3) 適切なアイリリーフ（観察者の目～接眼レンズ第1面間の距離）

(4) 良好な収差補正。

この結果、第1の発明による接眼光学系は、単眼で100°以上の大きな観察画角を提示でき、適切な瞳径とアイリリーフを備えることで瞳位置の自由度が大きく、かつ、周辺まで均一で鮮明な観察画像を提示できるよう収差補正された接眼光学系を実現できる。

【0046】また第2の発明によると、上記接眼光学系を接眼レンズとして搭載した広画角で臨場感に優れ、かつ鮮明な映像表示が可能な小型・軽量の接眼映像表示装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の数値実施例1による接眼光学系の断面図である。

【図2】 この発明の数値実施例2による接眼光学系の断面図である。

【図3】 この発明の数値実施例3による接眼光学系の断面図である。

【図4】 この発明の数値実施例4による接眼光学系の断面図である。

【図5】 この発明の数値実施例5による接眼光学系の断面図である。

【図6】 この発明の数値実施例6による接眼光学系の断面図である。

【図7】 この発明の数値実施例7による接眼光学系の断面図である。

【図8】 この発明の数値実施例1の接眼光学系の横収差図である。

【図9】 この発明の数値実施例2の接眼光学系の横収差図である。

【図10】 この発明の数値実施例3の接眼光学系の横収差図である。

【図11】 この発明の数値実施例4の接眼光学系の横収差図である。

【図12】 この発明の数値実施例5の接眼光学系の横

収差図である。

【図13】 この発明の数値実施例6の接眼光学系の横収差図である。

【図14】 この発明の数値0実施例7の接眼光学系の横収差図である。

【図15】 この発明の実施の形態8による接眼映像表

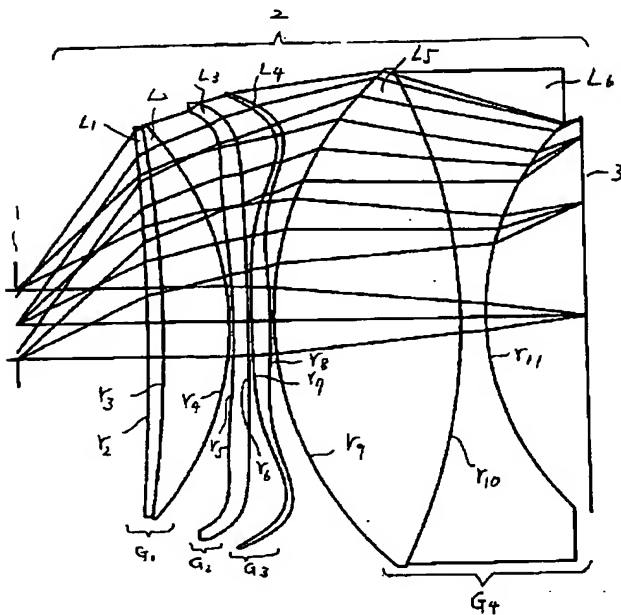
示装置の構成図である。

【図16】 従来の接眼映像表示装置の構成図である。

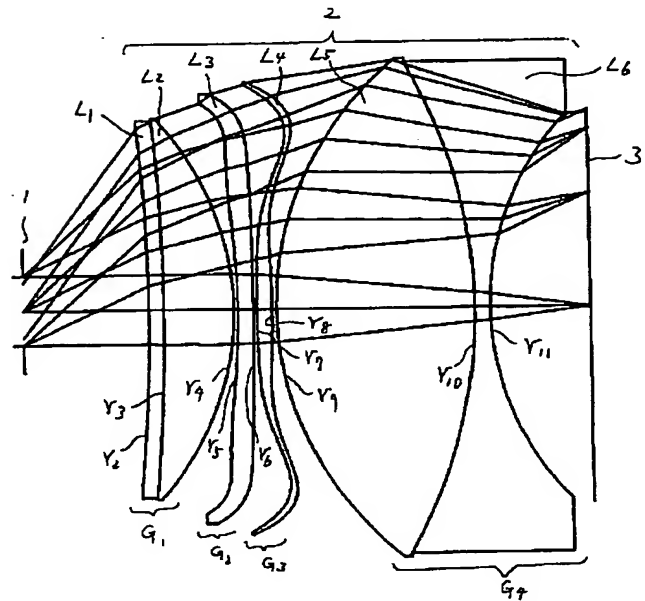
【符号の説明】

- 1 入射瞳（観察者の眼球位置）、2 接眼光学系、3 2次元表示素子、G1 第1レンズ群、G2 第2レンズ群、G3 第3レンズ群、G4 第4レンズ群

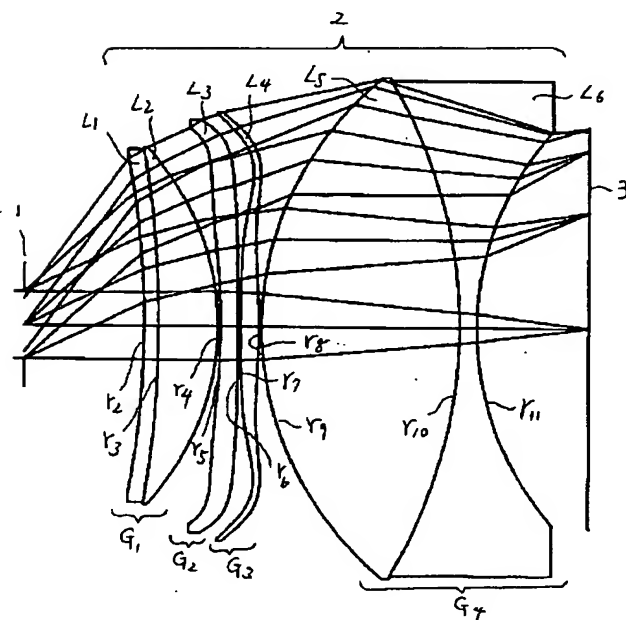
【図1】



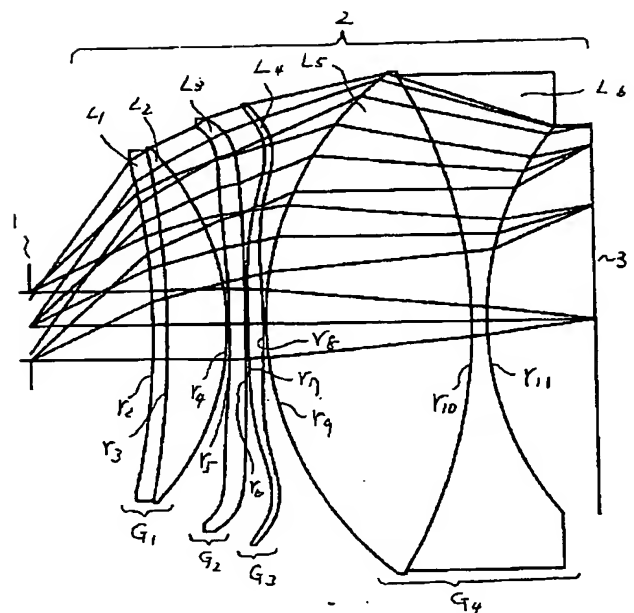
【図2】



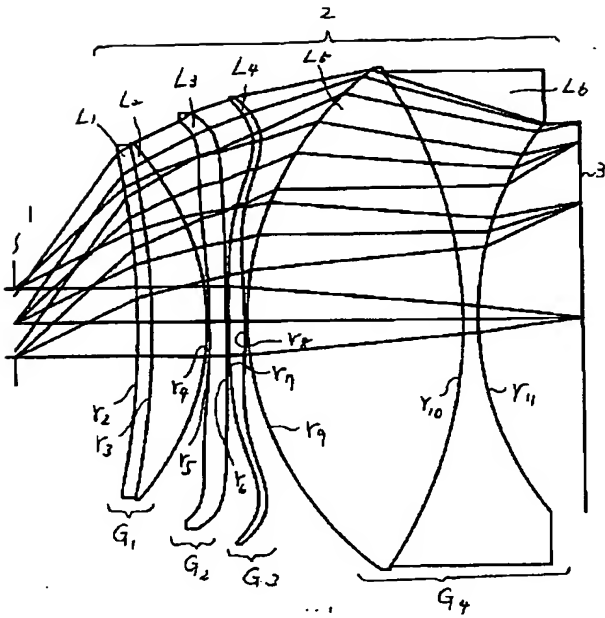
【図3】



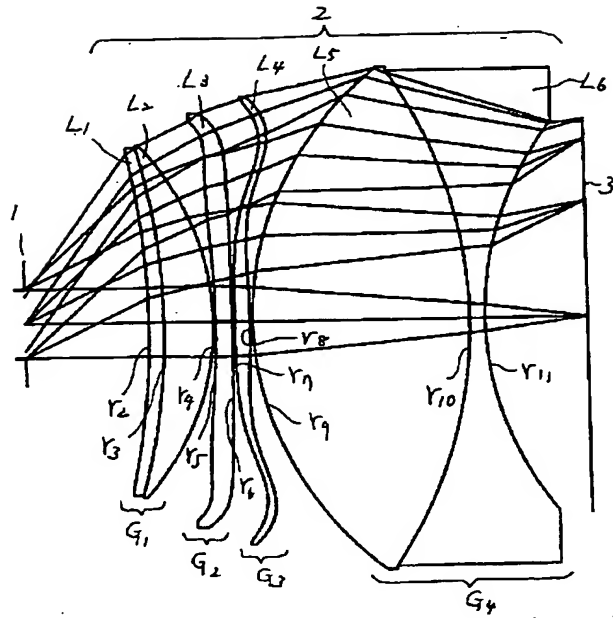
【図4】



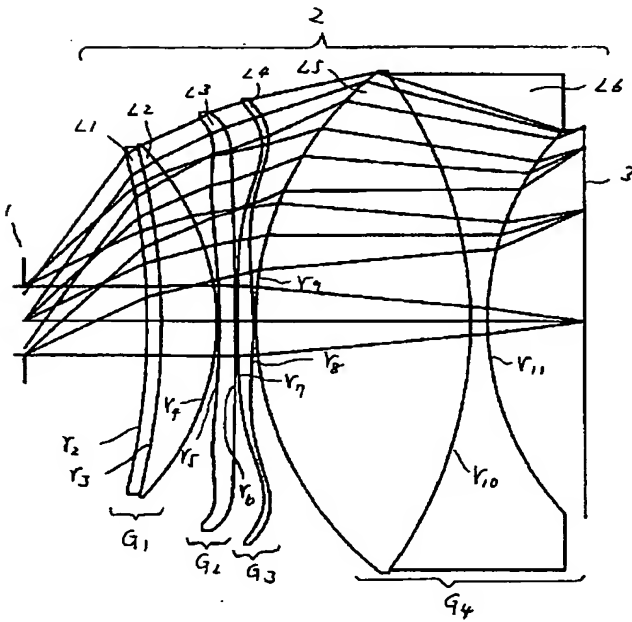
【図5】



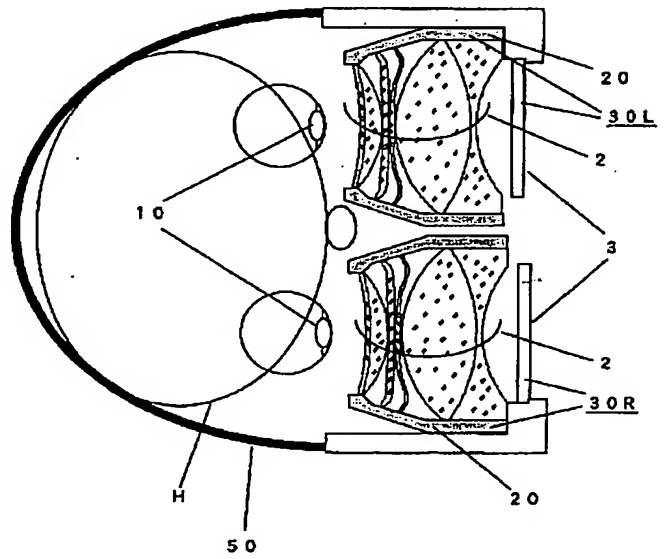
【図6】



【図7】

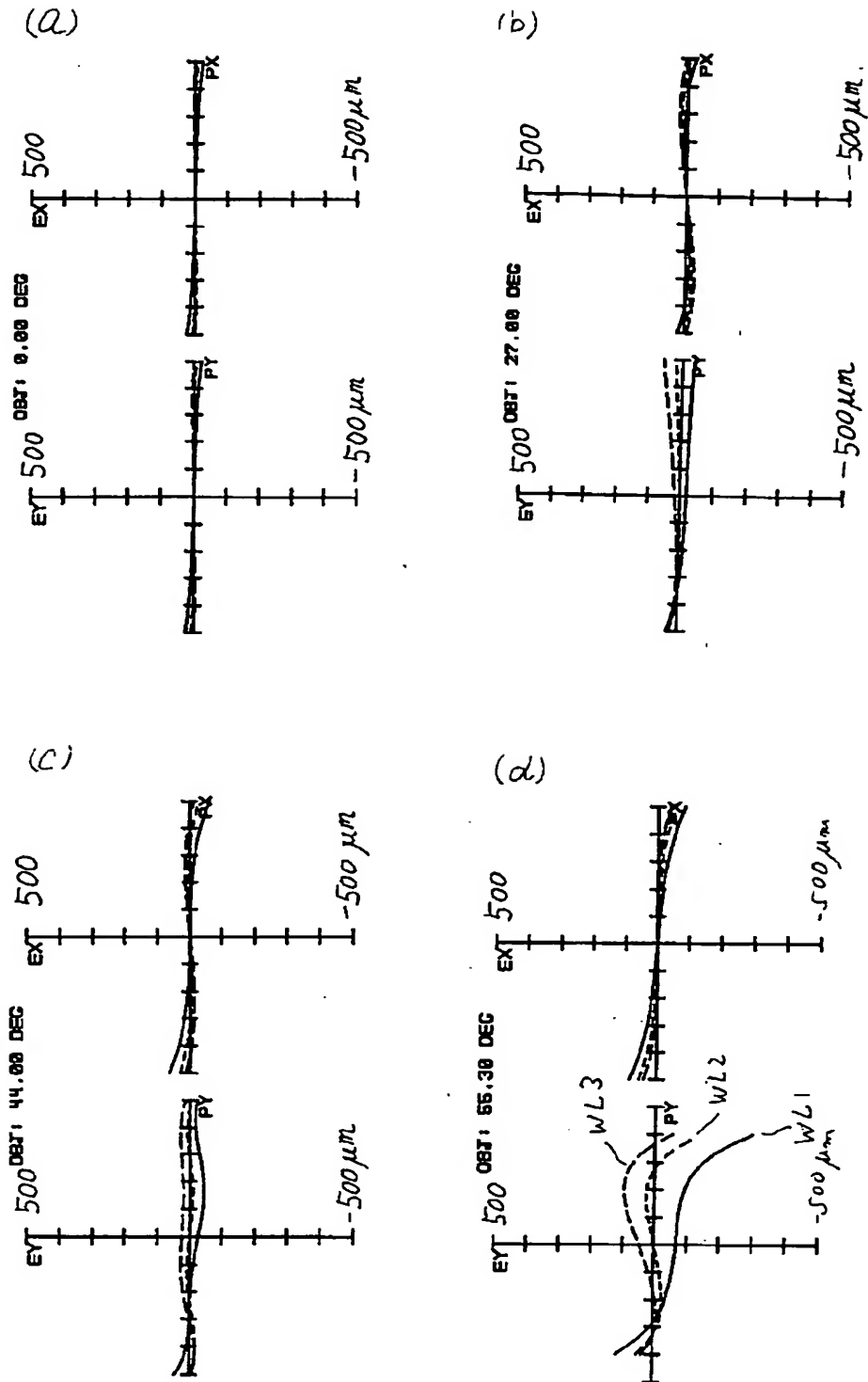


【図15】

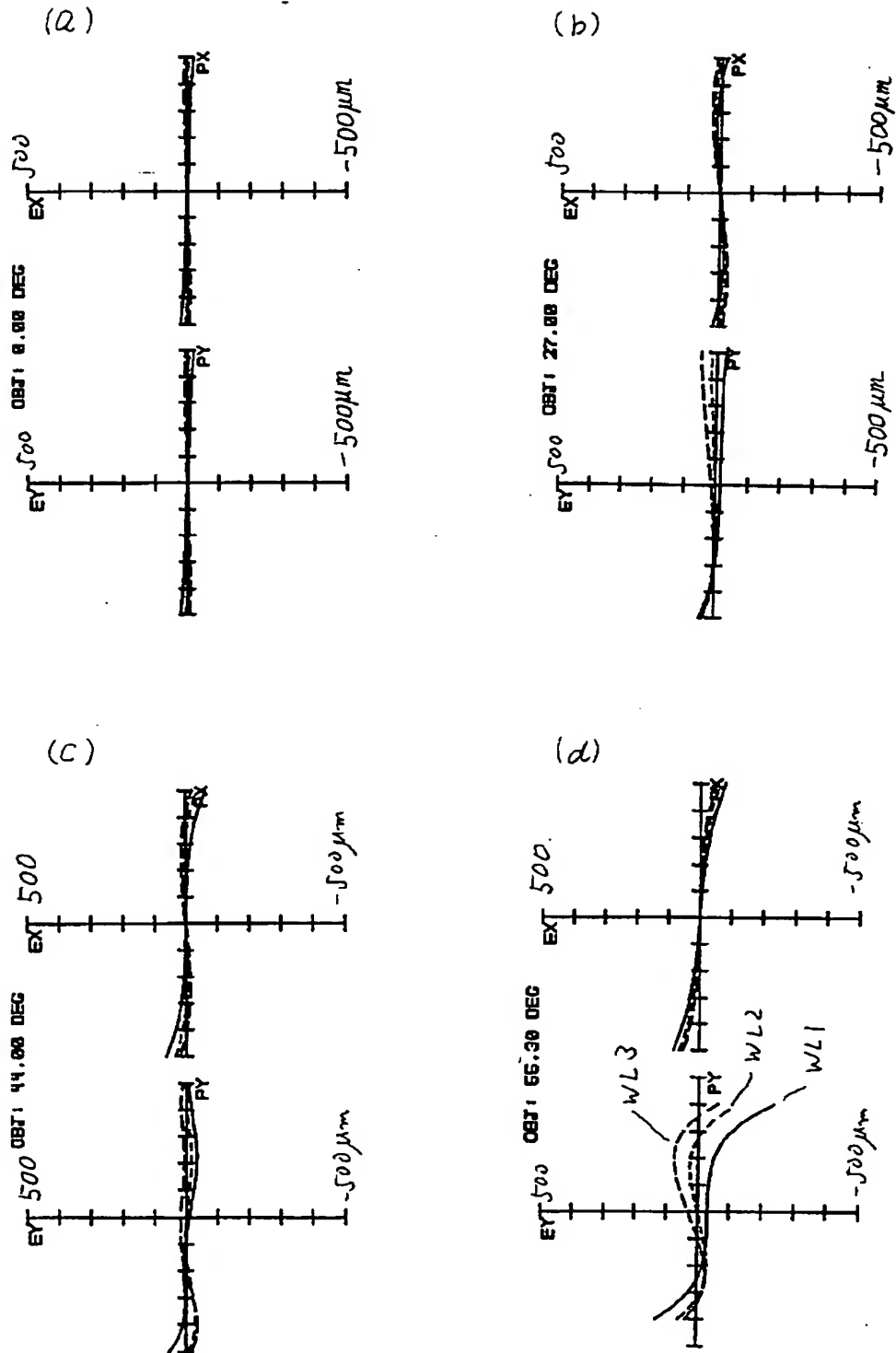




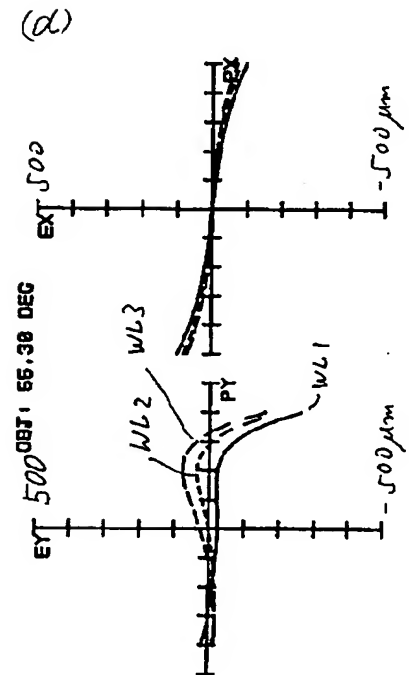
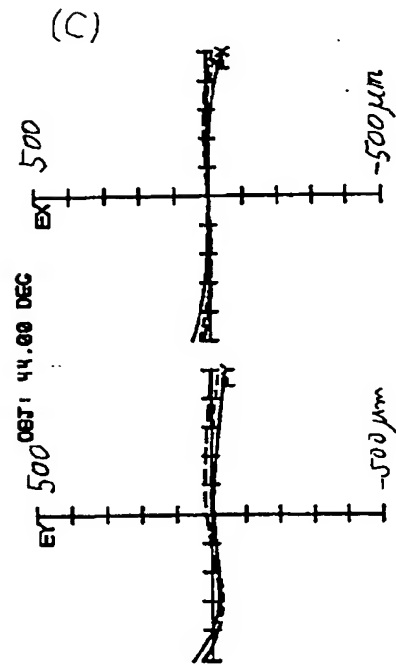
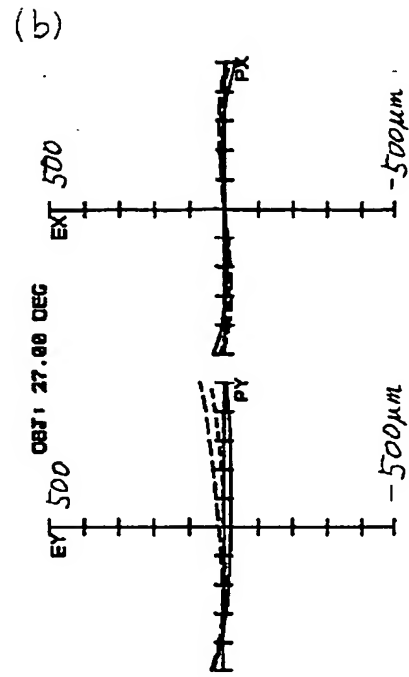
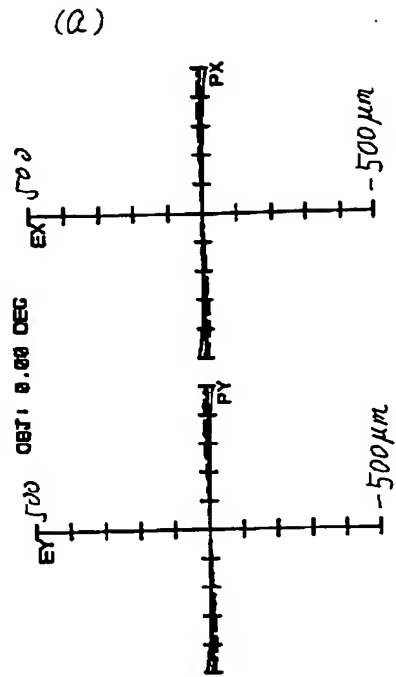
【図8】



【図9】

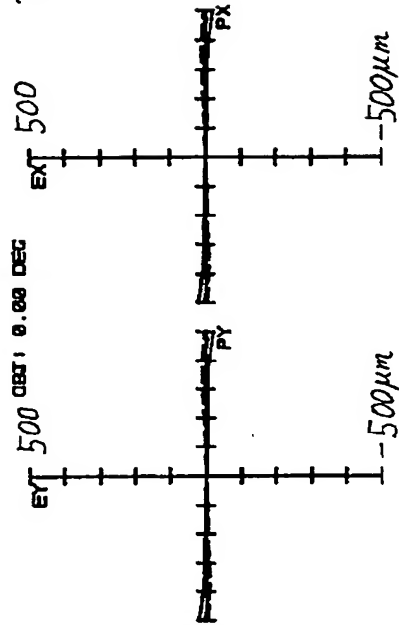


【図10】

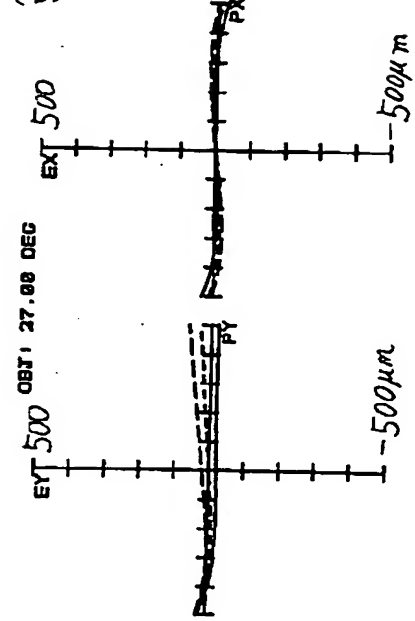


【図11】

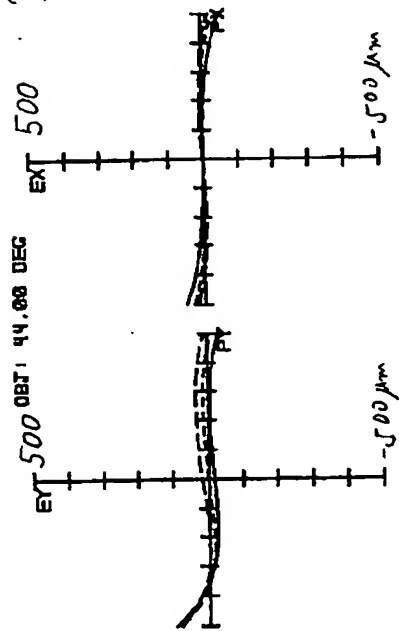
(a)



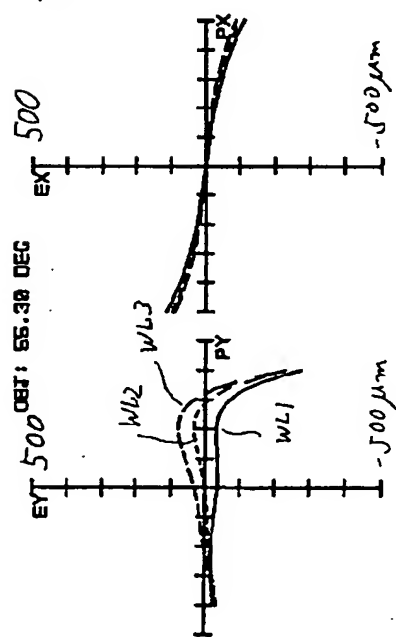
(b)



(c)

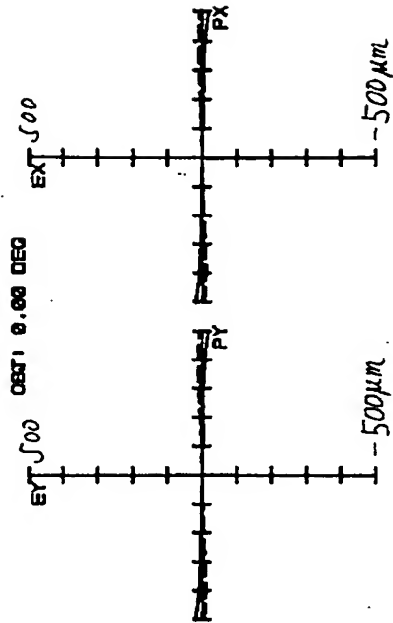


(d)

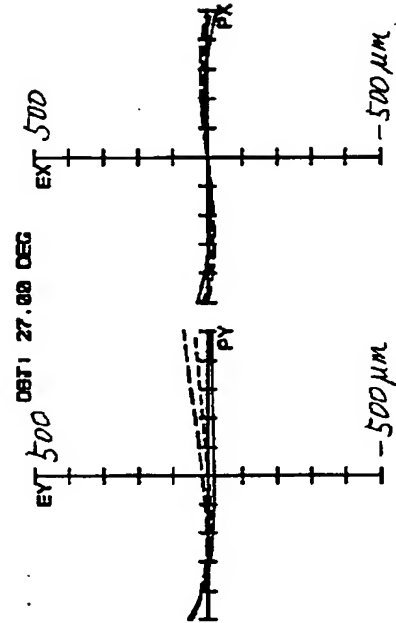


【図12】

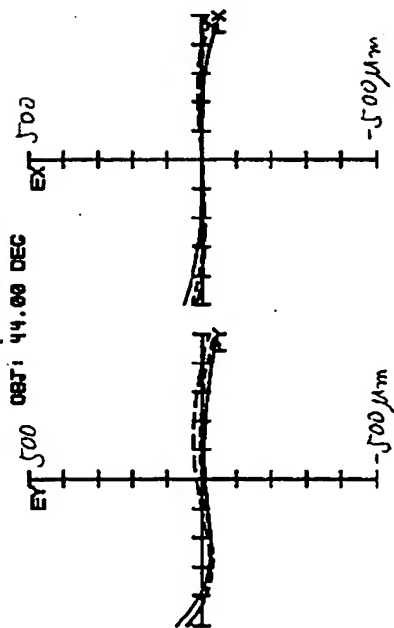
(a)



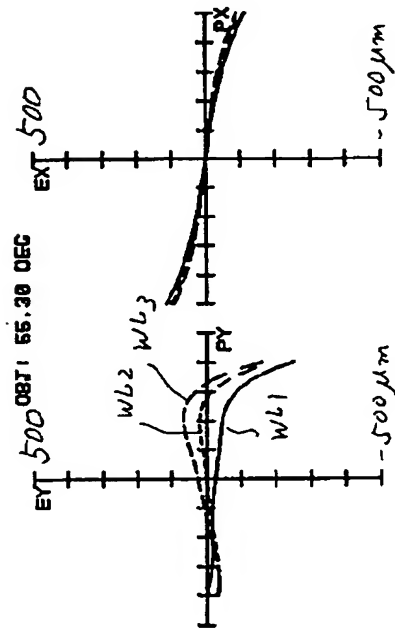
(b)



(c)

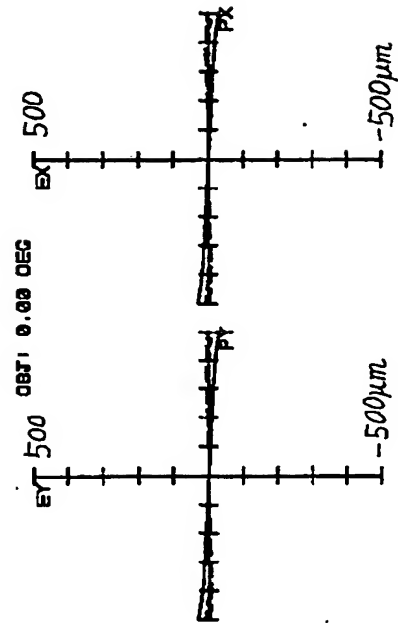


(d)

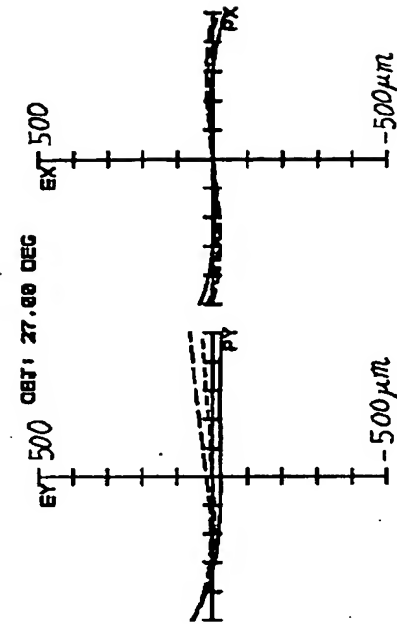


【図 1 3】

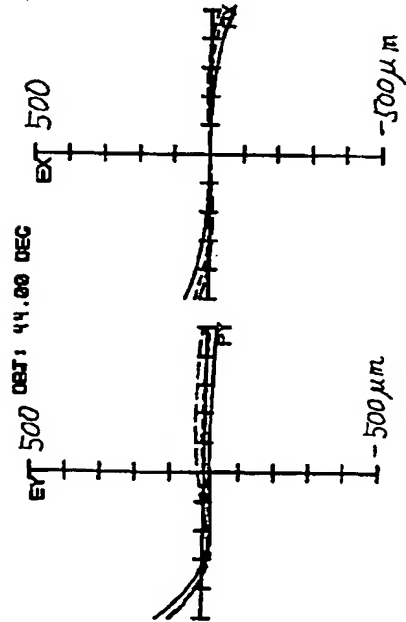
(a)



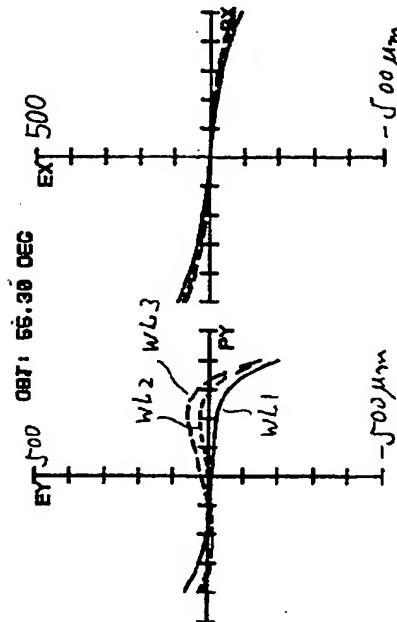
(b)



(c)

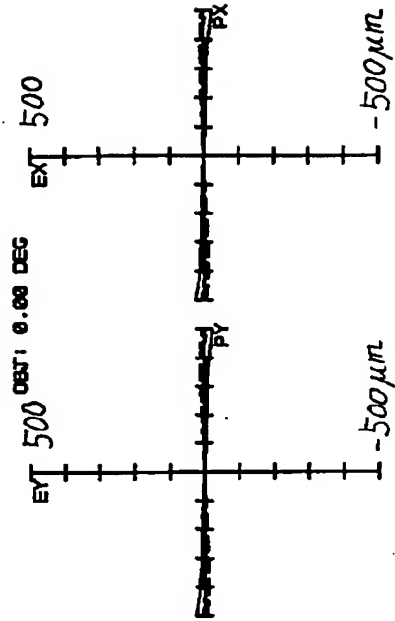


(d)

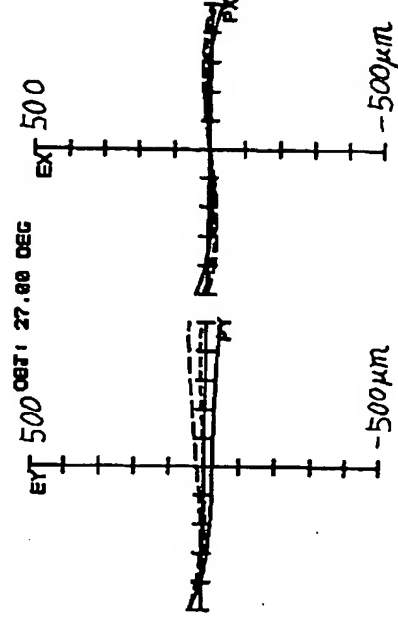


【図14】

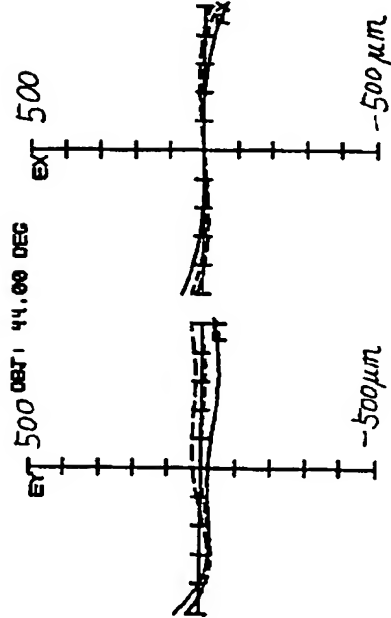
(a)



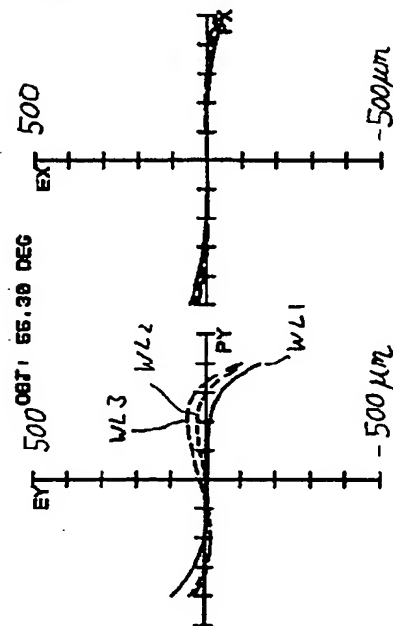
(b)



(c)



(d)



【図16】

